

PARAMÊTROS RADICULARES DE CULTIVARES DE ARROZ SUBMETIDAS À TOXIDEX POR FERRO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Letícia F. Ferigolo¹; Miriam Tavares²; Fernando T. Nicoloso³; Ruziele Q. Sandri⁴; Aniélien D. da Silva⁵; Julia G. Farias⁶

Palavras-chave: Sistema radicular; *Oryza sativa*; Excesso.

INTRODUÇÃO

O solo em condições de saturação de água, sem perdas por infiltração, torna-se um sistema fechado, mas com possibilidade de troca energia. Quando um solo é inundado, o equilíbrio anterior é alterado, pois a água desloca a fração gasosa dos espaços porosos, criando regiões de anaerobiose. O oxigênio livre presente no solo desaparece rapidamente em função da necessidade de energia (microrganismos aeróbios) para os processos biológicos, envolvendo transferência de elétrons das substâncias utilizadas como fonte de energia para as reações químicas consideradas como produto da respiração (PONNAMPERUMA, 1972). As alterações que acompanham a inundação ou a submersão do solo afetam significativamente a produtividade das culturas, isto porque a utilização de outros íons como aceptores de elétrons resulta em processos redox, alterando assim, a disponibilidade dos mesmos na solução do solo. Dentre estes íons, o ferro (Fe) é o principal fator de estresse nutricional na cultura do arroz (PONNAMPERUMA, 1972).

Segundo a literatura, dois tipos distintos de toxidez por excesso de Fe são caracterizados, um devido à absorção excessiva de Fe (toxidez direta ou bronzeamento); outro por deficiência nutricional múltipla (toxidez indireta ou alaranjamento), a qual promove redução na absorção de nutrientes, tais como N, Ca, Mg, K, P, Si, Na e Mn (SOSBAI, 2012).

Paralelo a tais aspectos, existem inúmeras evidências sugerindo que o excesso de Fe afeta o crescimento radicular e a disponibilidade de nutrientes, ocorrendo ainda uma grande variação de respostas entre cultivares ou de um mesmo cultivar para diferentes classes de solo (SOSBAI, 2012; PONNAMPERUMA, 1972).

Estudos apontam que modificações morfofisiológicas do sistema radicular podem aumentar a eficiência de aquisição, absorção de nutrientes como fósforo (P) e nitrogênio (N), resultando em modificações químicas na interface solo-raiz (ALVES et al., 2002). De acordo com os mesmos autores, tais variações ajudam a explicar a adaptação de espécies e cultivares às diversas condições de estresse ambiental e formam a base genética para programas de melhoramento. No entanto, mesmo com a introdução de cultivares modernas com alta capacidade produtiva pelos programas de melhoramento, pouca atenção tem sido dada à busca por características morfo-radulares que estejam associadas a maior capacidade de absorção de nutrientes (HOLZSCHUH, 2011). Diante do exposto, objetivou-se comparar características morfo-radulares de cultivares de arroz expostas a diferentes níveis de Fe.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação semi-climatizada, localizada na área do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria /RS. As cultivares de

¹ Eng. Agr. Mestranda em Agrobiologia, Universidade Federal de Santa Maria, leticia.frizzo@live.com

² Eng. Agr. Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria

³ Prof. Dr. Fisiologia e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Santa Maria.

⁴ Bióloga, Mestranda em Agrobiologia, Universidade Federal de Santa Maria.

⁵ Bióloga, Mestranda em Bioquímica, Universidade Federal de Santa Maria.

⁶ Bióloga, Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.

arroz usadas foram: IRGA 425 e IRGA 424 (Fe-tolerante), BR IRGA 409 (Fe-sensível), IAS 12-9 FORMOSA (não apresenta classificação quanto à resposta a toxidez por Fe).

Inicialmente as sementes foram umedecidas em água destilada permanecendo a 25°C, no escuro, durante 24 horas. As sementes pré-germinadas foram transferidas para vasos plásticos revestidos com papel filtro e parcialmente fechados, sendo irrigadas com água destilada durante sete dias. Após este período, as plântulas de arroz foram transferidas para o cultivo hidropônico com solução nutritiva, em vasos com capacidade de 1,2 L, sendo alocadas 3 plantas por vaso.

Foi utilizada a solução nutritiva desenvolvida por Yoshida (1976) com pequenas modificações. Utilizou-se como fonte de Fe o EDTA-FeSO₄, nas concentrações de 2, 100, 200 e 300 ppm. O período experimental foi de 15 dias, onde se corrigiu diariamente o pH da solução nutritiva para 4,5, com adição de HCl ou NaOH 0,5 M.

As plantas foram aclimatizadas por 5 dias e após este período fez-se a aplicação dos tratamentos de Fe. Aos 10 dias após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram coletadas para as avaliações morfológicas. As plantas foram separadas em parte aérea e raízes, sendo as raízes lavadas com água destilada e digitalizadas com scanner individualmente. Após o processo de digitalização, as imagens obtidas foram avaliadas utilizando-se o software WinRHIZO. Foram avaliados os parâmetros: diâmetro, o número de pontas e de ramificações das raízes. Os dados foram analisados estatisticamente, considerando-se a média de 4 plantas de cada cultivar para cada nível de Fe. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de Tukey

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se interação entre os fatores doses de Fe e cultivares para o número de ramificações das raízes. Enquanto as demais variáveis, diâmetro radicular e número de raízes apresentaram diferenças significativas quanto o efeito isolado das doses de Ferro e cultivares estudadas (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para Diâmetro radicular em milímetro (Draiz), Número de raízes (Nraiz) e Número de ramificações radiculares (Rraiz) das cultivares IRGA 424, IRGA 425, BR IRGA 409 e IAS 12-9 Formosa, submetidas a diferentes níveis de Ferro (2, 100, 200 e 300 ppm), em solução nutritiva. Santa Maria, RS. 2015.

Fontes de Variação	Gl	Draiz(mm)	Nraiz (planta ⁻¹)	Rraiz (planta ⁻¹)
Ferro (Fe)	3	0,04570**	1283398,29**	10204836,14*
Cultivar (CV)	3	0,05170**	505860,04**	3314132,14**
Fe*CV	9	0,003129 ^{ns}	57596,83 ^{ns}	400546,90*
Rep	3	0,000443	28249,04	149025,68
Erro	45	0,00235	33444,31	181903,51
Total	63			
CV (%)		18,36	19,41	21,92

*Significativo a 5%; ** Significativo a 1% ; ^{ns} Não significativo

Analisando o efeito isolado das doses de Fe, observou-se que as cultivares IRGA 424, IRGA 425 e IAS 12-9 Formosa obtiveram maior número de ramificações no tratamento controle (2 ppm) com (3297,00; 4084,25, 2675, planta⁻¹) respectivamente em relação aos demais níveis de Fe. O mesmo foi observado na cultivar BR IRGA 409, contudo na dose 100 ppm Fe não houve diferenças significativas em relação ao controle (2211,25 e 1781,00 planta⁻¹, respectivamente). Comparando-se as cultivares em cada dose de Fe, verificou-se que nas doses 2, 100 e 200 ppm, as cultivares IRGA 425 e IRGA 424, obtiveram maior número de ramificações em relação a cultivar BR IRGA 409. Entretanto, na dose de 300 ppm não ocorreu diferença significativa entre as cultivares (Tabela 2). Onaga et al. (2013), verificaram vários níveis de expressão dos sintomas promovidos pelo excesso de Fe; bem como destacaram que os genótipos submetidos a 1000 mg/l de Fe, apresentaram uma redução considerável na

densidade de raízes, quando comparadas com o controle.

Tabela 2. Diâmetro radicular em milímetro (Draiz), Número de raízes (Nraiz) e Número de ramificações (Rraiz) das cultivares IRGA 424, IRGA 425, BR IRGA 409 e IAS 12-9 Formosa, submetidas a diferentes níveis de Ferro (2, 100, 200 e 300 ppm), em solução nutritiva. Santa Maria, RS. 2015.

Doses (ppm)	Cultivares			
	IAS 12-9 FORMOSA	Br/IRGA409	IRGA 424	IRGA 425
	Número de ramificações (planta ⁻¹)			
2	2675.5 BCa	2211.25 Ca	3297 ABa	4084.25 Aa
100	1514.5 Bb	1781 Bab	1884.75 ABb	2599.75 Ab
200	1365.5 ABb	993 Bbc	1876.5 Ab	1844.5 Abc
300	1335.5 Ab	884.5 Ac	1285.75 Ab	1521.75 Ac
	Número de raízes (planta ⁻¹)			
Doses (ppm)	Cultivares			
2	1198,50 a		IRGA 425	1063,50 a
100	912,37 b		IRGA 424	905,00 a
200	723,68 c		BR IRGA 409	728,61 b
300	534,43 d		IAS12-9 Formosa	671,68 b
	Diâmetro radicular (mm)			
Doses (ppm)	Cultivares			
2	0,1993 a		IRGA 425	0,2661 b
100	0,2781 b		IRGA 424	0,2500 b
200	0,3187 b		BR IRGA 409	0,2888 a
300	0,3056 b		IAS12-9 Formosa	0,3675 a

Letras minúsculas comparam na coluna; Letras maiúsculas comparam na Linha

Interessantemente, o diâmetro médio radicular apresentou uma resposta oposta ao número de ramificações radiculares, ocorrendo diâmetros menores no tratamento controle (2ppm) em relação aos demais níveis testados. Adicionalmente, verifica-se que os menores diâmetros foram apresentados pelas cultivares tolerante (IRGA 425 e IRGA 424), com 0,2661 e 0,2500 mm, respectivamente. Enquanto, a IRGA 409 e IAS 12-9 Formosa apresentaram os maiores diâmetros com 0,2888 e 0,3675 mm (Tabela 2). Sousa et al. (2006) destacam que os principais sintomas de toxidez por Fe em arroz são inicialmente evidenciados nas raízes das plantas que tendem a paralisar seu crescimento e aumentar a espessura (engrossamento), podendo estes sintomas se manifestar em variados estádios de desenvolvimento da planta.

Zhang et al. (2011) verificou que o excesso de Fe nas raízes de arroz reduz o desenvolvimento das células da região periférica das raízes e causa o espessamento das paredes celulares das células da coifa, eles atribuem esse espessamento às secreções de polissacarídeos pelas células, as quais podem combinar-se com o Fe²⁺. Ocasionalmente ocasionando possivelmente um maior espessamento da parede celular e, conseqüentemente influenciando no diâmetro radicular.

Para a variável número de raízes, percebe-se que plantas cultivadas sob condições de controle (2ppm Fe) produziram maior número de raízes com 1198,50 planta⁻¹, contudo com o incremento de Ferro (100, 200, 300 ppm), resultou na redução das mesmas drásticas (912,37; 723,68 e 534,43 planta⁻¹), respectivamente. Considerando as cultivares observa-se que as cultivares tolerantes (IRGA 425 e IRGA 424), apresentaram maior número de raízes (1063,50; 905,00 planta⁻¹), em relação a cultivar sensível (BR IRGA 409) e IAS 12-9 Formosa com (728,61; 671,68 planta⁻¹), respectivamente (Tabela 2). De acordo com Ward et al. (2008), o excesso de Fe ocasiona inibições no meristema apical; conseqüentemente ocasionando reduções no crescimento. Estes resultados também demonstram as distintas variações nas características genéticas entre as cultivares estudadas, pois as cultivares

tolerantes (IRGA 424 e IRGA 425) demonstraram melhores desempenhos entre os parâmetros analisados quando comparadas a demais cultivares BR IRGA 409 (sensível) e IAS 12-9 Formosa.

CONCLUSÃO

São notórias as reduções acentuadas no número de raízes, bem como no número de ramificações radiculares, com incremento de Fe na solução nutritiva. As cultivares testadas tiveram aumento no diâmetro de raízes com o aumento das doses do Fe. Ocorreu respostas distintas ao excesso de Fe^{2+} entre os parâmetros testados, indicando que o estudo de características radiculares são bons indicadores de tolerância ao Fe^{2+} .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES V. M. C. et al. Cinética de absorção de fósforo e crescimento do sistema radicular de genótipos de milho contrastantes para eficiência a fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.1, p.85-92, 2002.

HOLZCHUCH, M.J. **Nitrato no suprimento de nitrogênio para arroz cultivado sob alagamento**. 2011. 149 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ONAGA, G., EDEMA, R., ASEA, G. Tolerance of rice germplasm to iron toxicity stress and the relationship between tolerance, Fe^{2+} , P and K content in the leaves and roots. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 59, n.2, p. 213-229, 2013.

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, v. 24, p. 29-96, 1972.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). Arroz irrigado: recomendações técnicas de pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí: SOSBAI, 2012. 179p.

SOUSA, R. O. de; CAMARGO, F. A. O.; VAHL, L. C. Solos alagados – Reações de Redox. In: MEURER, E.J. (3 ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre, RS: Ed. Evangraf, p.185-211, 2006.

YOSHIDA, S.; FORNO, D. A.; COCK, J. H.; GOMEZ, K. A. (Ed). **Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice**. Manila: International Rice Research Institute- IRRRI, 1976.

WARD, J. T. et al. The effect of iron on the primary root elongation of Arabidopsis during phosphate deficiency. **Plant Physiology**. Rockville, v. 147, n. 3, p. 1181-1191, June 2008.

ZHANG, Y. et al. Morphological and physiological responses of root tip cells to Fe^{2+} toxicity in rice. **Acta Physiol Plant**, v. 33, p. 683-689, 2011.